

BALATONSZENTGYÖRGY KÉSŐ RÉZKORI TEMETŐ HOMOKKŐ ANYAGÚ SZERSZÁMKÖVEK KÖZETTANI ÉS NEHÉZÁSVÁNY VIZSGÁLATA

MIKLÓS DÓRA GEORGINA

Bevezetés, a homokkövekről általában

Az emberiség igen korán, már az őskortól kezdve használta a környezetében talált különféle kőzettípusokat, köztük a homokkővet is. Elsősorban szerszámköveket (pl. malomkő, őrlőkő, csiszolókő, dörzskő) készített belőlük, ugyanakkor a későbbiekben öntőformaként, illetve építőköként is alkalmazták őket. A homokkő a Kárpát–Pannon térségben nagy területeken elterjedt, korban és kifejlődésben változatos kőzettípus, ezért az őskori ember a legtöbb helyen könnyen rábukkanhatott a céljának megfelelő minőségű nyersanyagra.

Magyarországi régészeti szerszámkő leleteket eddig csak elvéve vizsgáltak részletesen, archeometriai szempontból (pl. SZAKMÁNY–NAGY 2005; PÉTERDI 2020). A nemzetközi szakirodalomban szerszámkövekről elsősorban tipológiai témájú, a régészet tárgykörébe tartozó publikációkat találunk, kevés az anyagvizsgálati tárgyú értekezés (pl. ANTONELLI–LAZZARINI 2010; MARTÍNEZ-SEVILLA *et al.* 2020; STERGIOU *et al.* 2022). A szerszámkövek nyersanyagát elsősorban kőzettani és geokémiai módszerekkel célszerű vizsgálni. Ugyanakkor a különféle homokkövek petrográfiai azonosítása nem egyszerű, mivel főbb összetevőik sok esetben hasonlóak, így nehéz a nyersanyaglelőhelyre utaló specifikus bélyeget találni bennük. Az elkülönítésben további nehézséget okoz, hogy a homokkövek részletes kőzettani és geokémiai vizsgálata is csupán az elmúlt évtizedekben indult meg világszerte és Magyarországon. Általános tapasztalatom az, hogy a megfelelő nyersanyag, illetve annak forrásának meghatározásához nem elegendő csupán a régészeti leletek petrográfiai vizsgálatát elvégezni, hanem minden esetben szükség van a lehetséges nyersanyagok vizsgálatára is.

A homokkövek az egykor a felszínen lévő kőzetek fizikai mállásával (aprózódásával), lepusztulásával és/vagy elszállításával létrejött törmelékek lerakódásával és kőzetté válásával kialakult üledékes kőzetek. Négy alkotóelemből állnak, amelyek közül a legmeghatározóbbak a nagyobb méretű törmelékszemcsék. Ezek a forrásterületük lepusztult kőzeteinek anyagából származnak, ugyanakkor akár több forrásterületről is eredhetnek. Ez utóbbi esetben ezen területek kőzetanyagának keverékéből áll össze a homokkő. Második fontos alkotójuk a mátrix vagy más néven alapanyag, amely a nagyobb méretű törmelékekhez hasonló eredetű finomabb szemcsés törmelék, ami a nagyobb törmelékszemcsék között helyezkedik el. Harmadik építőelemük a cement vagy kötőanyag, amely a leülepedés után, a kőzetté válás során, például a kőzeten átáramló oldatokból kiváló ásványi anyagokat jelenti. A homokkövek negyedik alkotója a pórus, azaz kőzetrés, amely leülepedéskor a szemcsék közötti „kitöltetlen térként” (nem figyelhető meg benne ásvány kiválás, nagyobb mélységben fluidumok járnak át), illetve a diagenézis során a szemcséken belüli oldódással alakulhat ki. A kőzettani vizsgálatok során mind a négy típussal foglalkozunk, azonban az elsődleges, leülepedéskori összetételt és ezáltal a kőzet forrásterületét elsősorban a szemcsék vizsgálata alapján tudjuk meghatározni. Ezen a kategórián belül két fő típust különböztetünk meg, az önálló ásványtöredékeket, valamint a kőzettörmelékeket.

A homokkövek leggyakoribb ásványtörmelékei a kvarc, a földpátok és a csillámok. Ritka elegyrészek az ún. nehézásványok (más néven akcesszóriák), amelyek a kőzetek igen kis, általában néhány tized

százalékát alkotják. Ritkaságuk ellenére a homokkövek származásának, lepusztulási területének meghatározásához nagy segítséget nyújtanak.

A kőzettörmelékek a forrásterületről származó, összetett, több ásvány együtteséből álló törmelékek. Ezen a kategórián belül magmás, metamorf, valamint üledékes eredetű kőzeteket találhatunk, amelyek különböző típusokban és arányokban fordulhatnak elő a homokkövekben.

Jelen munkában tíz darab szürke homokkő anyagú szerszámkő lelet petrográfiai vizsgálatának folyamatát, valamint annak eredményeit mutatom be. A temetőből ugyanis csak néhány esetben tették el a feltáráson a sírokhoz köthető köveket, vizsgálataim csupán ezekre a begyűjtött darabokra korlátozódhattak. Ezen belül pedig külön figyelmet fordítottam a nehézásványokra. A leletek a késő rézkori Balatonszentgyörgy-Faluvégi dűlő 2. lelőhelyéről kerültek elő, összesen hat sírból. Szót ejtek a levonható következtetésekről, valamint javaslatokat teszek a kutatás folytatásának lehetőségeiről is (1. táblázat).

1. táblázat: A vizsgált régészeti leletek alapadatait bemutató táblázat

Azonosító	Leletkísérő	Régészeti felhasználás	Darabszám	Méret (cm)	Eredeti tömeg (g)	Makro besorolás	Mikro besorolás
str. 776	906	csiszolókö	2 db	11 x 8,5 x 2,5 és 12 x 8 x 5	649,81	1	-
str. 794	1034	csiszolókö	2 db	13 x 12 x 4,5 és 11 x 8 x 1,5	986,14	3	B
str. 794	1034	meddő	2 db	3 x 2,5 x 1,5 és 6 x 6 x 4,5	143,4	4	A
str. 1210	981	csiszolókö	1 db	18 x 10 x 7,5	1677,55	1	-
str. 1213	918	csiszolókö nyersanyag	1 db	12,5 x 8,5 x 5,5	521,95	1	A
str. 1219	1038	dörzsölőkö	1 db	8 x 6 x 3	195,91	1	-
str. 1186	923	csiszolókö	1 db	17 x 9 x 2	337,42	2	B

Vizsgálati módszerek

A homokkő petrográfiai, vagy más néven kőzettani vizsgálatok két részre oszthatóak. Az első a makroszkópos (szabad szemmel történő) eljárás, amely minden minta esetében megvalósítható. Ennek során leírunk minden látható fizikai bélyeget (a minta mérete és súlya, az átlagos szemcseméret és annak eloszlása, más néven osztályozottsága, a szemcsék típusai, a koptatottsági viszonyok, a cementről levonható következtetés, a mátrix mennyisége, aránya a szemcsékhez képest, egyéb utólagos hatások stb.). Határt egyedül a szemcseméret szab, ugyanis a kisméretű elegyrészeket, jelenségeket nem tudjuk ezzel a módszerrel leírni, viszont létrehozhatunk egy elsődleges csoportosítást és ki tudjuk jelölni azokat a mintákat, amelyek érdemesek a további vizsgálatokra.

A második módszer a mikroszkópos vizsgálat, amelyhez vékonycsiszolatot kell készítenünk. Roncsolásos eljárásról van szó, ennél fogva azt is szem előtt kell tartanunk a minták kijelölésekor, hogy lehetőleg olyan kőszelvényeket válogassunk ki, amelyek töredékesek, illetőleg olyan felületet jelöljünk ki a választott mintán belül, amely nem érinti a használati felületeket. Ha mindezt sikerült végrehajtanunk, akkor jön a kiválasztott rész levágása, itt is az a legfontosabb szempont, hogy lehetőleg kevés anyagot használjunk fel, csupán a vizsgálatokhoz szükséges minimális mennyiséget jelöljük ki. A pontos mennyiség meghatározásához figyelembe kell venni a szabad szemmel történő vizsgálat során tapasztalt tényezőket, ezek közül a legfontosabb a szemcseméret, valamint az osztályozottság. Ugyanis például minél nagyobb a szemcsék mérete, annál több anyagra van szükségünk a vékonycsiszolat elkészítéséhez. A vágást követően

a mintákat műgyantába érdemes beágyazni, amelyet Araldit-D, illetve REN HY 956 típusú térhálósítószer 5:1 arányú elegyítésével készítettem el. Ez a lépés azért fontos, mivel a homokkövek sok esetben erősen porózusak, ezért a csiszolat készítés során könnyen törhetnek, repedezhetnek, kipereghetnek belőle a szemcsék. A műgyanta segít az anyag megszilárdításában és növeli a fizikai hatásokkal szembeni ellenállóképességét. A gyanta megszáradását (néhány óra) követően egyenletes, síkfelületet kell kialakítanunk, amelyet üveglemezre szórt, különböző finomságú (320-, 500-, 600- és 800-as) SiC csiszolóporok segítségével érhetünk el. Mivel ezt víz jelenlétében végezzük, ezért a továbblépéshez ki kell szárítani a mintákat (kb. 1 hét száradási idő). Azért ilyen időigényes, mert a pórusokba került víz sok esetben lassan párolog el. Ha ez nem történik meg, akkor a minta utólag fel fog „levegősödni” és le fog válni a tárgylemezről, amely miatt az egész mintaelőkészítést előlről kell kezdeni. A száradást követően műgyanta segítségével üveglemezre ragasztjuk a mintákat. Amint megkeményedett a műgyanta (néhány óra), egy (pl. Buehler márkájú) vágó és koptatógép alkalmazásával vékonyra levágjuk és vékonyítjuk az üveglemezen lévő közetszeletet. Mindezt nagyjából 200-300 mikrométer vastagság eléréséig végezzük, ezt követően pedig a korábban említett csiszolóporok közül a 600-as és a 800-as finomságúak segítségével kézzel még vékonyabbra csiszoljuk, amíg el nem érjük a 30 mikrométeres vastagságot, amelyet mikroszkóppal folyamatosan ellenőrizzük. A kívánt vastagság elérése után műgyanta segítségével fedőlemezzel borítjuk be, amely szebb kép megjeleníthetőségét biztosítja a mikroszkópos vizsgálatok során. A fentiek alapján látható, hogy egy csiszolat elkészítése időigényes, akár két-három hetet is igénybe vehet.

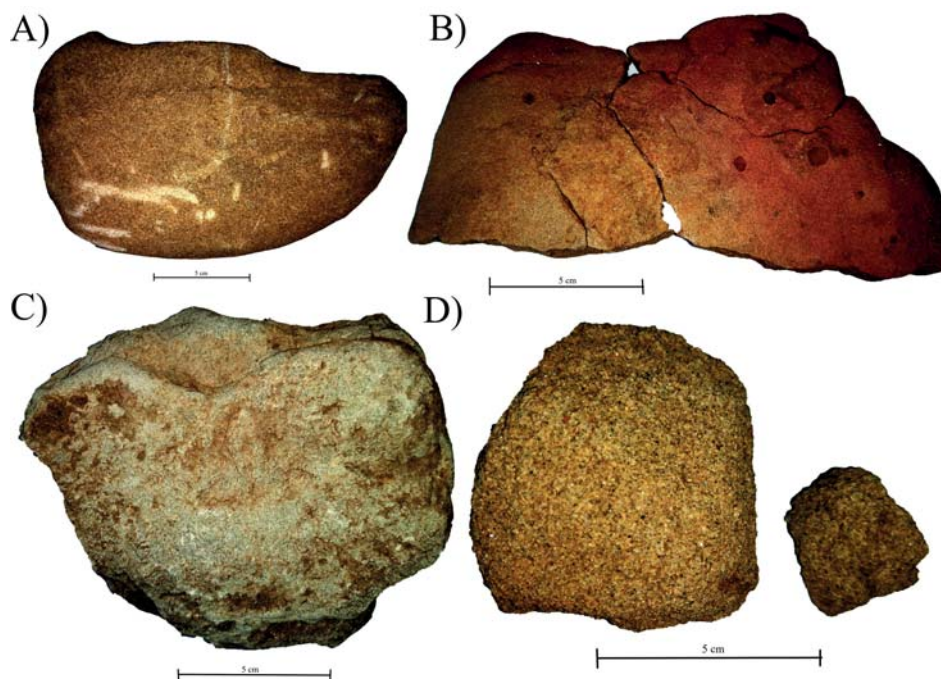
Az elkészült vékonycsiszolatokat Nikon OptiPhot2-pol polarizációs mikroszkóppal elemeztem, a képeket pedig Nikon CoolPixDS-Fil típusú kamerarendszerrel készítettem el. A vizsgálat során a homokköveket alkotó négy építő elemet (szemcsék, mátrix, cement és pórus) leírtam és jellemeztem is őket mind minőségüket, mind pedig mennyiségüket tekintve. Külön figyelmet fordítottam a nehézsúlyokra, amelyek nagy segítséget nyújthatnak a nyersanyag lelőhelyének azonosításában. Ezen felül területi kimérést végeztem, amelyhez egy pontszámláló eljárást, az ún. Gazzi-Dickinson módszert alkalmaztam (MIKLÓS 2018). Az eljárás lényege, hogy bizonyos távolságonként, amelyet mi határozunk meg a szemcseméret, valamint az osztályozottság figyelembevételével, egy-egy adott pontban meghatározzuk, hogy milyen elegyrész helyezkedik el ott. „Amennyiben számolási pont egy összetett közetszemcse nagyobb méretű (63 µm-nél nagyobb) ásványos összetevőjére esik, akkor ezt a pontot nem kőzetként, hanem az éppen ott lévő ásványként (pl: kvarc, földpát, csillám) kell rögzíteni” (MIKLÓS 2018). Az így kapott eredmények alkalmasak a homokkövek közettani összetételének megállapítására, továbbá az így kapott eredményeket ábrázolhatjuk az üledékes közzettanban elterjedt háromszögdiagramokon (pl. PETTIJOHN *et al.* 1972).

Eredmények

Makroszkópos vizsgálat

A tíz darab régészeti lelet szabad szemmel történő vizsgálata során az eszközök eltérő megjelenést mutattak. Összesen négy típust különítettem el (*1. kép, 1. táblázat*).

Az 1. típusba öt minta (str. 1213 - 1 db, str. 776 - 2 db, str. 1210 - 1 db, str. 1219 - 1 db) tartozik, ezek közös jellemzője a középszürke és annak különböző árnyalataival rendelkező szín, a magas csillámtartalom, amely ezüstsüzkén becsillanó, pikkelyes megjelenésű ásványokat (muszkovit) takar, továbbá a minták kavics eredete. Ez utóbbi jól koptatott, nyúlt, néhol kissé lapított 2,5–10 cm átmérőjű kavicsokat jelent, amelyeket a késő rézkor emberei például folyók meder anyagából gyűjthettek be és vitték magukkal a lelőhelyre. Az str. 1213 minta egy középszürke nagy-durvaszemcsés homokkő (*1. kép A*), amelyet csiszolókö nyersanyagként gyűjthettek be, azonban használati felületet nem láttam rajta. Ebből arra következtettek,



1. kép: A makroszkópos vizsgálat során elkülönített típusok mintapéldányairól készített fényképek. A beosztás minden esetben 5 cm-t jelöl. A) str. 1210, B) str. 1186, C) és D) str. 794

hogyan csupán alkalmasnak tartották a felhasználásra, így begyűjtötték, viszont nem használták fel végül, ezért nyersanyagként tekinthetjük. Közepesen vagy jól osztályozott homokkő kavics, amely kvarcból, muszkovitból, kevesebb földpátból, valamint közettörmelékből (üledékes és vulkáni eredetű) áll. Szabad szemmel ellenálló, igen kemény, nem porózus kavicsnak határoztam, amely sósav hatására erőteljes pezsgést mutatott, ez pedig erős karbonát cementáltságot jelez. Ez utóbbi vizsgálati módszer bevett gyakorlatnak számít, ugyanis a 10%-os sósav kiválóan alkalmas a minták esetleges mésztartalmának kimutatására. A str. 776 jelű minta két darab zöldesszürke, közepes szemcsés, jól koptatott homokkővet takar, amelyek kvarcból, muszkovitból, továbbá földpátból állnak. Felhasználásukat tekintve csiszolókövek lehetnek. Szabad szemmel nagyon hasonlítanak az előbb említett nyersanyagra. Az str. 1210 minta sárgásszürke-középszürke színű, közepesen-jól osztályozott, durvaszemcsés homokkő, amely kvarcból, muszkovitból, földpátból, továbbá üledékes eredetű közettörmelék szemcsékből áll. Keresztrétegzett, jól koptatott kavics, amelyet csiszolóköként használhattak fel a késő rézkorban. Sósav hatására erőteljes pezsgést mutatott, ez pedig erős karbonát cementáltságra utal. Az str. 1219 minta egy ép eszköz, amely az általam vizsgált leletanyagban kivételesnek tekinthető, dörzskőként alkalmazhatták. Középszürke-sötétszürke színű, közép-nagyszemcsés, jól osztályozott homokkő anyagú kavics. Kvarcból, muszkovitból és földpátból áll. Sósav hatására erőteljes pezsgést mutatott, amely erős karbonát cementáltságot jelez.

A 2. típusba egy minta tartozik (str. 1186) (1. kép B), amely szürkésárga, a szélein vörös-téglavörös színű, ez utóbbi utólagos hatás, égés eredménye, ugyanis az oxigén jelenlétében történő égés vörös színt eredményez. Finom-apró szemcsés homokkőnek, esetleg finomszemcsés homokos aleurolitnak tekinthető. Jól osztályozott, a felszíni nyomok alapján csiszolóköként alkalmazhatták, azonban az előző csoporthoz képest kisebb ellenálló képességgel rendelkezik, hajlamos a széttöredezésre. Kvarcból, valamint kevesebb csillámból áll, a finomabb méretű szemcséi miatt az elegyrészek szabad szemmel nehezebben ismerhetők fel. Sósav hatására erőteljes pezsgést tapasztaltam, amely karbonátcement

jelenlétére utal, azonban a kisebb ellenálló-képesség gyengébb cementáltságra enged következtetni. Az előző csoporthoz képest nagyobb porozitással rendelkezik.

A 3. típusba két darab homokkő tartozik (str. 794) (*I. kép C*), amelyek fehéresszürke-középszürke színűek, finomszemcsések, jól osztályozottak. Kvarcból, valamint sok muszkovitból állnak, azonban az előző csoporthoz hasonlóan a kisebb szemcseméret következtében a kőzetekben előforduló elegyrészek azonosítása meglehetősen nehéznek bizonyult. Rétegzettek, amelyek mentén felhasadozást tapasztaltam. Az előző típushoz képest kisebb porozitásúak, ellenállóképességük jobb, azonban nem érnek fel az 1. típusban tárgyalt mintákéval. Sósav hatására erősen pezsegnek, amely az előzőekhez hasonlóan karbonátcement jelenlétére utal, ennek mértéke valahol az előző két típusban tapasztaltak közé tehető, csiszolókként alkalmazták.

A 4. típusba két minta (str. 794) (*I. kép D*) tartozik, amelyek sárga színűek, nagyszemcsések, közepesen-jól osztályozottak, kvarcból, muszkovitból, földpátból, valamint üledékes eredetű közettörmelékekből állnak. A vizsgált leletek közül ezek rendelkeznek a legkisebb ellenálló képességgel. Rendkívül porózusak, könnyen morzsolódnak, ennél fogva nem tekinthetők alkalmasnak szerszámkő készítésre. Sósav hatására erősen pezsegnek, amely karbonátos cement jelenlétére utal, azonban gyengén cementált, könnyen pergő, morzsolódó anyagokról van szó.

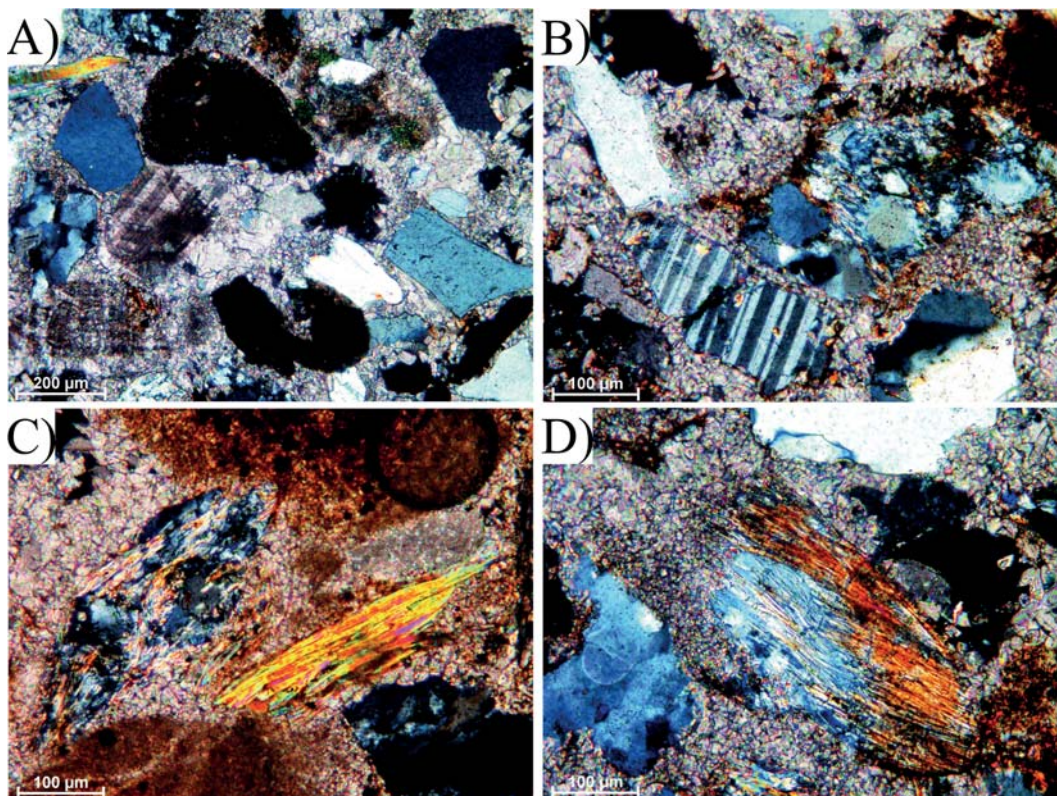
Mindegyik típusból egy mintát választottam ki további vékonycsiszolatos vizsgálatra. Összesen négy csiszolatot készítettem, amelyek leírását a következő alfejezetben mutatom be.

Polarizációs mikroszkópi vizsgálat

A szabad szemmel elkülönített típusok összetételüket, valamint szövetüket tekintve hasonlítanak egymásra. Különbség a pórusok mennyiségében, a karbonátcement mértékében, ezáltal a kőzet összetartó képességében, továbbá egyes, ritkább akcesszóriák előfordulásában tapasztalható. Mindezt leszámítva a fő detritális komponensek minőségében és mennyiségében, továbbá a ritkábban megjelenő törmelékekben és az akcesszóriák többségét tekintve a vizsgált homokkővek hasonló összetétellel rendelkeznek. Ennél fogva a makroszkópos csoportosításhoz képest egy típusba sorolom őket, így a leírásukat is egységesen foglalom össze:

Szemcseméret tekintetében a minták eltérnek egymástól. Ennek figyelembevételével létrehoztam két altípust. A durvább szemcsemérettel rendelkező két mintát (str. 1213 és 794, ez utóbbi esetében arról a két darabról van szó, amelyeket a makroszkópos besorolásban 4. típusúnak írtam le) az A), amíg a finomabb mérettartományba eső két mintát (str. 1186 és 794, amelyet a makro besorolásban 3. típusúnak írtam le) pedig a B) csoportba soroltam (*I. melléklet*). Ez a részletesebb besorolás azért is fontos, mert nem csupán az átlagos szemcseméret megállapítása fontos, hanem annak eloszlása is, más szóval a homokkővek osztályozottságát is figyelembe kell venni, amely az altípusok esetében mutat némi különbséget. Az A) esetében közepes-, míg a B) mintáiban inkább jó osztályozottságot tapasztaltam.

Ha az összes mintát nézzük, akkor elmondható, hogy átlagosan 67%-ban szemcsékből (Q = kvarc – 46%, F = földpát – 7%, R = közettörmelék – 5%, kb. 5% csillám, <0,5% opakásvány, ~0,5% nehézsúly és 3% karbonát törmelék), 32%-ban meszes cementből és 1%-ban pórusból állnak. Mátixot nem figyeltem meg bennük. A szemcsék általában közepesen koptatottak, néhol gyengén koptatott, sőt akár szögletes megjelenésű törmelékes elegyrészekkel is találkozhatunk. Szintén közös tulajdonság, hogy a szemcsék mikropátitos-pátitos karbonát cementben egymást nem érintve helyezkednek el (*2. kép A*), amelyet a szaknyelvben mátrixváznak neveznek. Ritkán legyezős megjelenésű, kusza biotitot is megfigyeltem, amely utalhat akár kontakt metamorf hatásra, ugyanakkor az égetést is jelezheti. Ide tartoznak továbbá a pórusok is, amelyek részben leülepedéskor, részben azt követően a diagenezis előtt vagy után jöttek létre.



2. kép: A) homokkövek jellegzetes bélyegeit szemléltető mikroszkópi képek (str. 1213). A) áttekintő felvétel, amelyen láthatóak kvarc szemcsék, ősmaradványok és a köztük lévő mikropátitos karbonátos cement (+N).

B) Plagioklász, kvarc és metamorf eredetű közettörmelék szemcsék (+N).

C) Metamorf eredetű közettörmelék és muszkovit töredék (+N). D) Sillimanitos kvarcit szemcse (+N)

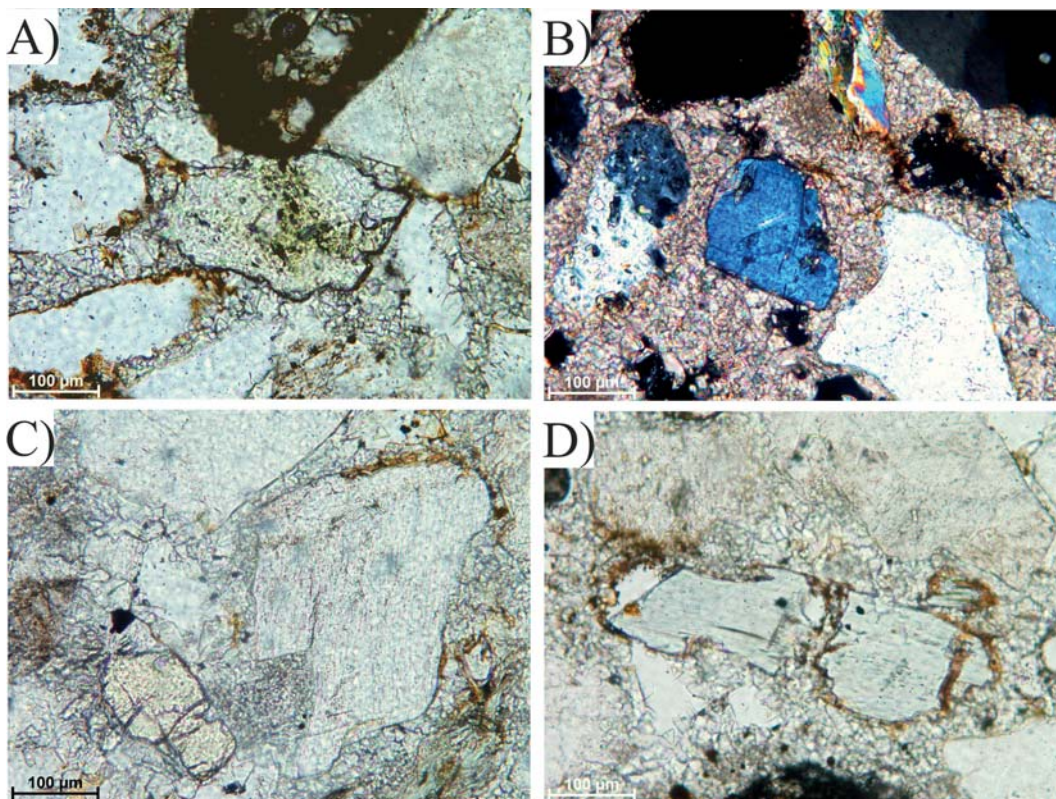
A szemcsék között a leggyakoribb elegyrész a kvarc, amely főként monokristályos (a kvarcsemmcsék 90%-át, míg a teljes térfogat 42%-át alkotja) változatban fordul elő a vizsgált mintákban. Enyhén hullámos kioltású, ugyanakkor egyszerre kioltó, sarkos-szögletes, visszaolvadt (rezorbeált, amelynek rezorpciós üregeiben vulkáni alapanyag látható) változatban is előfordul, amely vulkáni eredetre utal. A polikristályos kvarc (kvarcok 10%-a, teljes térfogat 4%-a) szutúrás szemcsehatárokkal rendelkezik, enyhén hullámos kioltású. Zárványként leggyakrabban szericit-muszkovit, valamint biotit jelenik meg, ugyanakkor előfordulhat még akár sillimanit, gránát és epidot-zoisit is. Ez utóbbi ásvány csoport kristályai inkább a földpát szemcséken (azon belül is inkább a plagioklászokon) belül, azok átalakulási termékeként fordulnak elő. A kvarc mellett szintén jelentős mennyiséget képviselnek a földpátok (káliföldpát>plagioklász). A káliföldpátok (ortoklász, esetleg szanidin) esetében pertitet, lángnyelvszerű szételegyedést figyeltem meg. Üdék, nem szenvedtek jelentősebb átalakulást, míg a plagioklászoknál enyhe fokú szericitesedést tapasztaltam. A káliföldpátokon belül viszonylag ritkán, elvétve megjelenhet akár mikroklin (ez is káliföldpát). Ez tekinthető a legüdébb földpát típusnak. Esetében csupán keresztikerrácsot figyeltem meg, amely a szemcsék azonosításában, a többi földpát típustól történő elkülönítésben nyújtott segítséget. A plagioklász időnként polyszintetikus ikresedést mutat, amelyen belül sűrű, vékony ikerlemezek láthatóak (2. kép B). Ez a jelenség, továbbá az ikerlemezek szimmetrikus zónában mért maximális kioltási szöge (16°) egyaránt alátámasztják a savanyú, albitos összetételt. A csoport egyik sajátossága a csillámok dúsulása. Általában nagyméretű pikkelyek formájában jelennek meg, gyakran hullámosak. Elsősorban muszkovit (2. kép C), kevesebb tüde biotit, amelyek részben kifakulhatnak, sőt gyakran muszkovittal

társulva fordulnak elő. Emellett üde, detritális eredetű klorit is megfigyelhető, amely homokkővekben nem túl gyakori elegyrész. A karbonát egyedi szemcsék, kalcit kristályok formájában, detritálisan, sőt ritkábban akár elhalt állati maradványok formájában (fossziliák), azok töredékeként is előfordulhat (pl. süntüske, echinodermata vagy másnéven tüskésbőrű töredéke) a vizsgált anyagokban. Nem ritkák a poliszintetikus ikresedést mutató kalcit egykristályok sem, amelyek valószínűleg márvány eredetűek. A karbonát időnként szemcsék belsejében is megjelenhet, azon belül is leggyakrabban foltokban fordul elő. Ez utólagos hatás eredménye lehet, ugyanis a közteté válás során ható oldatáramlások révén a karbonát beszivároghatott a pórusokba, valamint a repedésekbe. Ritka elegyrész még a finomszemcsés, zöld színű, kerekded, kör átmetszetű glaukonit, amely minden minta esetében, de csupán lokálisan fordul elő, egy-két foltban.

Az ásványtöredékek mellett nem ritkák a közettörmelékek sem, ezek változatos összetétellel jellemezhetőek. Leggyakoribb típusaik a kvarcitok, amelyek részben irányított szövettel rendelkeznek, ez esetben biztosan metamorf eredetre utalnak, azonban ennél jóval gyakoribbak a nem irányított változatok, amelyek magmás vagy metamorf eredetűek lehetnek. Sok esetben muszkovittal, szericittel társulnak, amely esetekben csillámos (muszkovitos- vagy szericites-) kvarcitról beszélünk, ezen elegyrészek többnyire irányított szövettel jellemezhetőek, amelyek szintén a metamorf eredetet támasztják alá. Ezen törmelékek epidottal-zoisittal, vagy akár sillimanittal együtt is megjelenhetnek (2. kép D). Ezen felül kis- és közepes fokú metamorfit szemcsék, csillámpalák (2. kép B és C), fillitek, ritkábban akár kloritpala és gneisz is látható a mintákban. A szemcsék között megjelennek még kvarcból, káliföldpátból, plagioklászából, esetleg muszkovitból és biotitból álló granitoid-metagranitoid, savanyú kemizmusú kvarcból és káliföldpátból álló felzites szövetű vulkáni- (egy minta (str. 1213) esetében kusza földpátokból álló bázisos-neutrális kemizmusú vulkanitok is), illetve üledékes eredetű törmelékek is. Ez utóbbi csoportban agyagkővet, aleurolitot-metaaleurolitot, továbbá érett kvarchomokkőveket (jól koptatott szemcsék alkotják, amelyek között akár kovás ránövekedés is megjelenhet, idősebb, áthalmazódáson átesett anyag lehet) és kevésbé érett homokkőveket, esetleg metahomokkőveket azonosítottam. Emellett karbonátásványokból álló, mikrites-mikropátitos mészkő töredékek is előfordulnak, amelyeket sok esetben nehéz elkülöníteni a karbonátos cementtől.

A vizsgált homokkővek leggyakoribb nehézsaványai a félig sajátalakú vagy nem sajátalakú, sárgászöld, enyhén pleokrós, vagy szintelen epidot és zoisit (3. kép A és B), a szintelen, gyakran szögletes, nem saját alakú gránát, a gyengén pleokrós, sárga színű, nem sajátalakú sztaurolit (3. kép C), a szintén nem sajátalakú, barna, illetve olajzöld változatokban egyaránt megjelenő turmalin, a félig- vagy közel sajátalakú vöröses rutil és a szintelen cirkon. Ez utóbbi két szemcse gyakran jól koptatott, amely a két ásvány többszörösen áthalmazott eredetére utal (ha összevetjük a többi kevésbé ellenálló ásvánnyal, akkor azt tapasztaljuk, hogy azok szögletesebbek, kevésbé koptatottak). Viszonylag gyakoriak még a fekete opakásványok, nem sajátalakú, földes megjelenésű titanit szemcsék, továbbá a ritkán megjelenő szürkészöld-szürkés-kék, gyengén pleokrós kloritoid is. Néhány minta esetében világoszöld színű pleokroizmust mutató amfibolt, elsősorban aktinolitot találtam (3. kép D), továbbá még ennél is ritkábban szintelen ortopiroxén töredéket is határoztam a legdurvább szemcsemérettel rendelkező homokkőben. Az imént felsorolt két ásvány nehezen áll ellen a fizikai, de főleg kémiai hatásoknak, ennél fogva a forráskőzet lepusztulását követően nem tud messzire szállítódni. Ugyanez igaz a minták szinte mindegyikében megjelenő kötegeket alkotó, tús, szálás sillimanitra is. Ezen tulajdonságuk miatt viszonylag ritka ásványoknak tekinthetők az üledékanyagokban, ezért fontos nyomjelzőnek tekinthetők a nyersanyag lelőhely nyomozásához.

A részletes mikroszkópi vizsgálat során minden minta esetében elvégeztem egy területi kimérést, amely alapján besorolhatjuk a vizsgált homokkőveket a nemzetközileg elfogadott nevezéktan alapján. A kimérést pontméréssel végeztem, amelyhez a Gazzi-Dickinson eljárást alkalmaztam (MIKLÓS 2018). Az így kapott eredményeket pedig a PETTIJOHN *et al.* (1973) által alkotott háromszögdiagramon ábrázoltam, ahol figyelembe vettem azt a tényt, hogy a vizsgált homokkővekben a mátrix, cement és

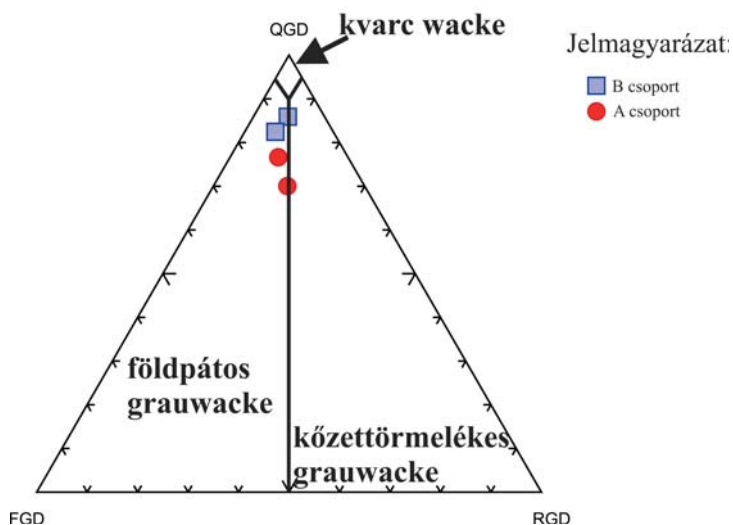


3. kép: A homokkövekben előforduló nehézásvány szemcsék (str. 1213). A) sárgászöld epidot (1N), B) rendellenes ibolya interferenciaszínű zoisit (+N), C) sárga-okkersárga sztaurolit (1N), D) halvány zöld, megnyúlt aktinolit (amfibol) (1N)

pórus összesített mennyisége meghaladja a teljes térfogat 15%-át. Mindez alapján a vizsgált minták földpátos grauwackénak minősülnek (4. kép). Azt is megfigyelhetjük, hogy a durvább szemcseméretű minták (A csoport) esetében a kvarc szemcsék mennyisége kisebb, míg a közettörmeléké nagyobb, a diagramon belül lefelé, pontosabban az „RGD” csúcs felé tolnak el. Ezzel szemben a finomabb szemcseméretű B csoport esetében a kvarctartalom jóval magasabb. Az előbbi megfigyelések azzal magyarázhatóak, hogy a kimérés során a durvább szemcsés minták esetében a szemcsék többségét közettörmeléknek azonosítottam, míg a finomabb szemcseméret esetében a feldarabolódott, önálló ásványokra szétesett törmelékek a legtöbb esetben ásványként, azon belül is inkább kvarcként értelmezhetőek. Ugyanakkor ez minimális különbséget jelent csupán, a pontok nem szórnak jelentősen, így ez is alátámasztja a négy minta esetében a petrográfiai leírás során megállapított azonos összetételt.

A homokkövek lehetséges nyersanyag lelőhelye

A régészeti leletek részletes petrográfiai vizsgálata jó kiindulási alap a homokkövek nyersanyagának kutatásához. Amikor archeometriai kutatásról beszélünk, akkor általában a régészeti leletek vizsgálatára asszociálunk. Ugyanis ezt az anyagot igyekszünk hasonlítani ismert geológiai képződményekhez, amelyekre lehetséges nyersanyagokként tekintünk. Rengeteg kőzetfajta esetében számos vizsgálatot ismerünk, amely a kőszközök lehetséges nyersanyaglelőhelyeit mutatja be, azonban a homokkövek esetében ez nem így van. Térségünkben a homokkő egy igen elterjedt nyersanyag, azonban teljeskörű petrográfiai vizsgálatuk egyáltalán nem, vagy csak érintőlegesen valósult meg. Ez utóbbi esetekben



4. kép: A homokkővek Gazzi-Dickinson terület mérési eredményeit szemléltető PETTIJOHN *et al.* 1972-féle háromszögdiagramon ábrázolva. QGD = kvarc, FGD = földpát, RGD = kőzettörmelék, ahol a GD minden esetben a Gazzi-Dickinson kimérésre utal

a vizsgálatuk során csupán egy-egy szempontot választottak ki (pl. a pórusok mennyiségét és annak eloszlását (porozitás, permeabilitás), amely víz és szénhidrogén tárolás szempontjából érdekes téma a geológusok számára), amelyre fókuszálva jellemeztek egyes homokkőveket. Ennélfogva jelenleg nem áll rendelkezésünkre egy archeometriai célzatú adatbázis, amellyel összevethetők lennének a régészeti homokkő eszközök vizsgálati eredményei, ezáltal segítve a nyersanyag azonosítását.

A leletanyag kőszekőzeinek nyersanyagai, azok kőzettani összetétele, megjelenése, valamint a nehézasványai alapján fiatal, felső-miocén, pannóniai korúak lehetnek. Az elkövetkezendőkben felsorolok lehetséges lelőhelyeket, azonban a legtöbb esetében csak nehézasvány vizsgálat készült, amely során röviden jellemezték a könnyű ásványokat is (pl. kvarc, földpát). Vékonycsiszolatos leírást csupán BAJNOK *et al.* (2021) esetében találtam. Ebben a munkában viszont nem esett szó a nehézasványokról. A geológiai szakirodalomban több nehézasványokkal foglalkozó munkát is találtam, amelyek nem vékonycsiszolatról, hanem nagyobb mennyiségű anyag összetörésével, a bennük lévő nehézasványok dúsításával, szeparálásával vizsgáltak hasonló korú homokkőveket, illetve homokkőveket. Ezen munkák eredményei nem vethetőek össze teljes mértékben a cikkünk témáját képező leletanyaggal. Ugyanis a jelenlegi munkában csak és kizárólag vékonycsiszolatban végeztem nehézasvány megfigyeléseket, amelyek sokkal kisebb térfogatról, csupán egy felszínről szolgáltatnak számunkra információt, szemben az imént említett klasszikus nehézasvány vizsgálattal. Ennek ellenére is kijelenthető, hogy az ebben a munkában elvégzett vizsgálatok kiváló iránymutatóak lehetnek a kutatás továbbvitele szempontjából.

Az adattal rendelkező lelőhelyek közül legközelebb a Dunántúli-középhegység, azon belül is a Balaton-felvidék területe esik, ezért ez tekinthető egyben a legvalószínűbb nyersanyaglelőhelynek. A Dunántúli-középhegység területéről, annak nyugati részéről a Szebike, a Tátika és a Haláp bazaltjai alatti rétegekből (feküjéből) írtak le pannóniai homokkőveket, amelyekben részben hasonló nehézasványokat találtak (pl. gránát, sztaurolit, epidot-zoisit, amfibol, stb.) (pl. JUGOVICS–CSÁNK 1956, 1959). Ezenfelül további felszínközeli minták esetében végeztek még nehézasvány vizsgálatot, amelyek közül néhányban kimutattak sillimanitot: Kisörspuszta (BIHARI 1982a), Fehérvárcsurgó (BIHARI 1982; THAMÓNÉ BOZSÓ 1985), Devecser (BIHARI 1981), azonban ezek sok esetben cementátlatlanok, érett kvarchomokok, esetleg kvarchomokkővek. A lelőhelyhez közel Zamárdi térségében BAJNOK *et al.*

(2021) írt le egy meglehetősen hasonló homokkövet (Szamárkőről), azonban a nehézásványokról nem ejtett benne szót.

Távolabbi előfordulásként érdemes megemlíteni a Mecsek-hegységet, ahonnan Patacs és Pécs környékéről is vizsgáltak néhány felszíni pannóniai homokkő mintát (CHIKÁNNÉ 1978, 1980), amelyek szintén mutatnak némi hasonlóságot a vizsgált nehézásványok tekintetében.

Szintén távolabbi előfordulás a Soproni-hegység, amelyen belül fúrásokból is vizsgáltak nehézásvány szempontból homokokat, homokköveket. A Fertőrákos Fr-6 fúrásban 3,1–7 m mélyről vizsgált pannóniai homokban sillimanit is előfordult (KISHÁZI–IVANCSICS 1981). Balfnál pedig felszíni homokmintákat vizsgáltak, amelyben nagyon kevés sillimanit, sztaurolit, amfibol és piroxén is volt (KISHÁZI–IVANCSICS 1982). Fontos kiemelni, hogy a nyersanyag eredete szempontjából a felszíni minták tekinthetőek potenciálisnak, a fúrások megemlítése inkább geológiai szempontból érdekes.

Az előzetes eredmények alapján a nyugati kapcsolatot tartom a leginkább valószínűnek régészeti szempontból. Az egykor élt emberek helyi vagy igen közeli homokkő előfordulások anyagát használhatták. Az imént felsorolt előfordulások mellett számos lehetséges nyersanyaglelőhely létezik (hasonló korú és kifejlődésű homokkövek-aleurolitok) az ásatás közelében, amelyet irodalomból nem ismerünk, ugyanis eddig nem vizsgálták őket. Ilyen például a Balaton ÉNy-i része és a Kis-Balaton-környéke, továbbá a Somogyi- és a Zalai-dombság területe.

Ez alapján elmondható, hogy jelenleg a lehetséges források széles területen terjedtek el, azonban ennek pontosítása érdekében a jövőben be kell gyűjteni a lelőhely környezetében található homokkő előfordulások anyagát és vékonycsiszolatos, valamint nehézásvány vizsgálatoknak kell alávetni a régészeti anyaggal történő összevethetőség kedvéért.

Az eredmények értékelése, továbblépési lehetőségek

Jelen munka célja a rendelkezésre álló régészeti leletanyag leírása és jellemzése volt. Részletes petrográfiai vizsgálatoknak vettem alá a leleteket. Vékonycsiszolatból nehézásvány vizsgálatot és területi kimérést (Gazzi-Dickinson eljárást) végeztem, amelyek segítségével nyomjelző ásványokat, pl.: sillimanit, amfibol (aktinolit) és piroxén találtam. A homokkövek összetételüket tekintve földpátos grauwackéknak minősülnek. Az világosan kiderült, hogy a makroszkópos vizsgálatok semmiképpen nem elégségesek a pontos kőzettípus meghatározásához, illetve lehetséges forrásközet szempontú csoportosításához, ugyanis az így elkülönített négy típus valójában hasonló összetételt mutatott a vékonycsiszolatos elemzések során. Fontos üzenet tehát, hogy a jellegzetes példányok esetében a makroszkópos áttekintés után, annak eredményeit figyelembe véve mindenféleképpen szükséges vékonycsiszolatot készíteni a régészeti leletekből.

Most, hogy elkészült a régészeti anyag előzetes feldolgozása 1) érdemes lenne néhány potenciális lelőhelyről összehasonlító geológiai anyagot begyűjteni és hasonló módszerrel megvizsgálni, majd összevetni a most kapott adatokkal. Továbblépésként pedig 2) akár két régészeti leletből és a begyűjtött nyersanyagokból mintát kellene venni, hogy azt összetörve kinyerhetnénk és feldúsíthatnánk a nehézásványokat, amely alapján tovább lehetne a vékonycsiszolatos vizsgálatok kiegészítéseként pontosítani a lehetséges nyersanyaglelőhelyet. Az mindenféleképpen elmondható, hogy egy rendkívül érdekes anyagról van szó, amely több olyan elegyrészt is tartalmaz, melyek alkalmasak a nyersanyaglelőhely azonosítására, azonban ehhez további vizsgálatokra és összehasonlító geológiai mintákra lenne szükség.

Zárásként fontos kiemelni, hogy az ásatásokon talált kőeszközök rendkívül fontos leletek, rengeteg információtartalommal rendelkeznek, ezért nagyon fontos, hogy a régészek mindenképpen begyűjtsék és megmutassák a geológus szakembereknek.

Irodalom

- ANTONELLI–LAZZARINI 2010 ANTONELLI, FABRIZIO – LAZZARINI, LORENZO: Mediterranean trade of the most widespread Roman volcanic millstones from Italy and petrochemical markers of their raw materials. *Journal of Archaeological Science* 37:9 (2010) 2081–2092.
<https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.02.008>
- BAJNOK *et al.* 2021 BAJNOK, KATALIN – KOVÁCS, ZOLTÁN – GALT, JOHN – MARÓTI, BOGLÁRKA – CSIPPÁN, PÉTER – HARSÁNYI, ILDIKÓ – PÁRKÁNYI, DÉNES – SKRIBA, PÉTER – WINGER, DÁNIEL – FREEDEN, UTA VON – VIDA, TIVADAR – SZAKMÁNY, GYÖRGY: Integrated petrographic and geochemical analysis of the Langobard Age pottery of Szólád, Western Hungary. *Archaeological and Anthropological Sciences* 14:13 (2021) 12–29.
<https://doi.org/10.1007/s12520-021-01467-1>
- BIHARI 1981 BIHARI GYÖRGY: *Összefoglaló földtani jelentés és készletszámítás az 1980. évi nyírádi medencei durva öntödei homok felderítő fázisú kutatásáról.* [S. 1.] 1981. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- BIHARI 1982 BIHARI GYÖRGY: *A fehérvárcsurgói üveghomok előforduláshoz csatlakozó homoköv 1982. évi felderítő kutatásának előzetes tájékoztató jelentése és készletszámítása.* [S. 1.] 1982. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- BIHARI *et al.* 1982a BIHARI GYÖRGY – MÉSZÁROS M. – CSATHÓ I.: *Kisörspusztai magas tűzállóságú durvaszemcsés öntödei homokelőfordulás összefoglaló és ártértékelő földtani jelentése és készletszámítása.* [S. 1.] 1982. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- CHIKÁN 1978 CHIKÁN GÉZÁNÉ: *Pécs építésföldtani térképsorozata.* Földtani észlelési magyarázó, Belváros 1:5 000-es méretarányú térképlap. [S. 1.] 1978. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- CHIKÁN 1980 CHIKÁN GÉZÁNÉ: *Pécs építésföldtani térképsorozata.* Patacs (9). sz. 1:10 000-es méretarányú térképlap, földtani észlelési magyarázó. [S. 1.] 1980. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- JUGOVICS–CSÁNK 1956 JUGOVICS LAJOS – CSÁNK ELEMÉRNÉ: A tapolcai Haláphegy bazaltjának fekvő- és fedőhomokja. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* 1954 [1956] 69–75.
- JUGOVICS–CSÁNK 1959 JUGOVICS LAJOS – CSÁNK ELEMÉRNÉ: A Tátika bazaltcsoport fekvő- és fedőhomokjának eredete. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* 1955–1956 [1959] 179–189.
- KISHÁZI–IVANCSICS 1981 KISHÁZI PÉTER – IVANCSICS JENŐ: *Kutatási zárójelentés a 241.006.1. sz. „A Soproni medence és a Kisalföld fiatal képződményeinek földtani vizsgálata” c. témához.* A Sopron környéki otnangien és kárpátien képződmények összefoglaló ismertetése. [S. 1.] 1981. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.

- KISHÁZI–IVANCSICS 1982 KISHÁZI PÉTER – IVANCSICS JENŐ: *Kutatási részjelentés a 240.013.2. sz. „A Soproni medence és a Kisalföld fiatal képződményeinek földtani vizsgálata” c. témához.* Sopron térképező (ST) 9., 10., 12., 14. sz. fúrás anyagvizsgálata. [S. l.] 1982. Kézirat. Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár.
- MARTÍNEZ-SEVILLA *et al.* 2020 MARTÍNEZ-SEVILLA, FRANCISCO – GARCÍA SANJUÁN, LEONARDO – LOSANO ROGRÍGUEZ, JOSÉ ANTONIO – MARTÍNEZ JORDÁN, JUAN MANUEL – SCARRE, CHRIS – VARGAS JIMÉNEZ, JUAN MANUEL – PAJUELO PANDO, ANA – LÓPEZ ALDANA, PEDRO: A new perspective on Copper Age technology, economy and settlement. Gronding tools at the Valencina Mega-Site. *Journal of World Prehistory* 33 (2020) 513–559. <https://doi.org/10.1007/s10963-020-09150-4>
- MIKLÓS 2018 MIKLÓS DÓRA GEORGINA: *A nyugat-mecseki miocén konglomerátum szürke homokkő és konglomerátum anyagú kavicsainak közettani és mikroásványtani vizsgálati eredményei.* Budapest 2018. Kézirat. Országos Tudományos Diákköri Dolgozat, Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK Közettan–Geokémiai Tanszék.
- PETTIJOHN–POTTER–SIEVER 1972 PETTIJOHN, FRANCIS JOHN – POTTER, PAUL EDWIN – SIEVER, RAYMOND: *Sand and sandstone.* New York – Heidelberg – Berlin: Springer-Verlag 1972. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9974-6>
- PÉTERDI 2020 PÉTERDI, BÁLINT: Red sandstone as rawmaterial of Baden culture (Late Copper Age) grindingstones (Balatonőszöd-Temetői dűlő site, Hungary), with a review of the red sandstone formations of SW Hungary. *Journal of Lithic Studies* 7:3 (2020) 1–29. <https://doi.org/10.2218/jls.3092>
- STERGIOU *et al.* 2022 STERGIOU, CHRISTOS L. – BEKIARIS, TASOS – MELFOS, VASILIOS – THEODORIDOU, STELLA – STRATOULI, GEORGIA: Sourcing macrolithic. Mineralogical, geochemical and provenance investigation of stone artefacts from Neolithic Avgi, NW Greece. *Archaeometry* 64:2 (2022) 283–299. <https://doi.org/10.1111/arcm.12706>
- SZAKMÁNY–NAGY 2005 SZAKMÁNY GYÖRGY – NAGY BORBÁLA: Balatonlelle-Felső-Gamász lelőhelyről előkerült késő rézkori vörös homokkő őrlőkövek petrográfiai vizsgálatának eredményei. *Archeometriai Műhely* 2:3 (2005) 13–21. <https://epa.oszk.hu/00800/00846/00004/pdf/AM-2005-3-SZGY.pdf> (utolsó megtekintés: 2022. 07. 08.)
- THAMÓNÉ BOZSÓ 1985 THAMÓNÉ BOZSÓ EDIT: A fehérvárcsurgói kvarchomok telep ásványközettani vizsgálatának eredményei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* 1983 [1985] 75–80.